

设计经验

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2026. 06. 011

某市住宅小区二次供水改造全过程分类化设计

杨敬畏, 薛广进, 王洋, 韩卫强, 杨力, 田萌, 姚左钢,
王胜军

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘要: 针对南方某市部分住宅小区二次供水设施老化、水质安全隐患突出等问题,为系统推进改造工作,开展全过程分类化设计。首先对全市存在问题的居民住宅小区供水设施进行现状调研,确定改造需求,以改造需求归类现状问题,根据二次供水设施的建设年限初步测算费用。随后基于初步分类的现状问题,归纳出管材更换、加压设备更新、水箱/水池改造、供水模式优化等改造措施,作为方案设计阶段的依据。在深化设计阶段制定“一站一策”改造策略,总体分为原位拆旧换新或改造和整体解决方案两种思路,前者包括采用 ANSYS 软件优化水箱流态、设计自冲水箱保证卫生以及统一管材设备标准并实现生产工艺升级;后者包括更换箱式变频恒压/叠压供水设备、智慧一体化泵站及新型罐式稳压调蓄供水设备。从现状调研到制定改造策略,每个阶段进行了分类化设计工作,可为二次供水改造工程提供全过程的方法、模式借鉴。

关键词: 二次供水; 住宅小区; 分类化设计; 全过程; 改造

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2026)06-0063-07

Classification Design of the Whole Process of Secondary Water Supply Renovation for Residential Communities in a Southern City

YANG Jingwei, XUE Guangjin, WANG Yang, HAN Weiqiang, YANG Li,
TIAN Meng, YAO Zuogang, WANG Shengjun

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: In response to issues such as the aging secondary water supply facilities and water quality safety hazards in some residential communities in a southern city, this study proposed a whole-process classification design to systematically advance renovation efforts. Firstly, a survey was conducted on the current status of water supply facilities in residential areas with problems throughout the city. Based on the collected information, renovation needs were identified, and existing problems were categorized accordingly. Preliminary cost estimates were derived according to the construction timeframe of the secondary water supply facilities. Subsequently, based on the current problem preliminarily classification, renovation measures were summarized into such aspects: pipe material replacement, pressurization equipment upgrade, water tank/pool refurbishment, water supply mode optimization and

基金项目: 北京市市政工程设计研究总院有限公司自立课题(2023-KYGS-045)

通信作者: 杨敬畏 E-mail: 457992832@qq.com

水改造费用。

现状调研结束后,考虑既有设备情况及市场需求,根据现有问题制定改造总体思路与初步方案。通过对存在不同问题的小区进行归类,将初步改造方案划分为管材更换、加压设备更新、水箱/水池改造、供水模式优化等。

初步改造方案确定后,按照原位拆旧换新或改造和整体解决方案两种思路进行深化设计。无论采用何种方案,均须贯彻“一站一策”的原则,对每个小区进行精细化设计。其中,原位拆旧换新或改造包括对水箱/水池进行设计优化等,而整体解决方案包括更换新型箱式变频恒压/叠压供水设备及智慧一体化泵站等。

2 现状调研

2.1 小区用水问题

通过对682个小区的年供水量、高日供水量、供水压力、水质达标率、抢修维护记录和设备故障情况等进行了调研,系统掌握了其供水质量与设施运行状况。不同小区存在的主要问题及占比见表1。

表1 不同小区存在的主要问题及占比

Tab.1 Major problems and their proportions in different residential communities

项目	问题小区数量/个	占比/%
管道锈蚀	129	18.9
水泵锈蚀	81	11.9
水表锈蚀	73	10.7
漏水	70	10.3
水压不稳定	85	12.5
供水量不足	47	6.9
经常性停水	19	2.8
发红或有红虫	44	6.4
设备运行能耗高	27	4.0
设备故障率高	46	6.7
设备噪声大	61	8.9

2.2 小区供水方式

此次调研系统掌握了全市二次供水的模式、供水分区以及二次供水设备的品牌、数量、水泵参数、进水管径、投入使用时间及运行情况等,这些数据对评估设备性能和使用现状具有重要意义。

从泵房的设备整体数量和占比来看,此次调研统计的设备共2099套,220个小区无泵房(市政直供)。其中,变频+水箱(池)的供水设备总计911套,管道泵供水设备421套,罐式叠压设备398套,这3

类供水设备数量位列前三。其余还有箱式叠压、水池+工频泵、地下水池+工频泵+高位水池、天面水池重力给水、市政直供等供水方式。因此,水箱(池)的水质安全保障是当前二次供水系统亟待关注与解决的核心环节。

2.3 小区管网情况

对全市问题小区的管网建设年限与分布情况等进行调研,以便初步测算改造费用。统计数据显示,约23.1%的小区管网建于2000年之前;约36.2%建于2001年—2010年;约31.9%建于2011年—2018年;约8.8%建于2019年以后。

2.4 建筑基础信息

调研住宅小区的建筑基础信息,如建造年代、住户数与人口、楼宇高度、楼栋/楼层分区情况等。

除上述内容,调研范围还延伸至水泵信息化设备、水表类型及建设年代、典型小区用水规律等。基于翔实的现状调研结果,以不同小区设施的建设年限为核心依据,针对全市存在问题的小区进行改造费用的初步测算。

3 现状问题总结及初步方案制定

基于现状调研,将改造需求分为漏损率控制、供水稳定、用水安全、节能降耗以及智慧化管理5大类。这5类需求与各类居民用水问题息息相关,将具体的用水问题归入上述需求类别,进而可分类制定初步改造方案。

3.1 漏损率控制

近年来,国家高度重视供水管网漏损控制。住房和城乡建设部等部门发布的《关于加强公共供水管网漏损控制工作的通知》明确提出,到2025年,全国城市公共供水管网漏损率力争控制在9%以内。管网漏损主要与管材、附属设施、管网压力等有关。

基于此次现状调研分析,无论是管网还是供水设备,建设于2001年—2010年的占比较大,运行年限较长,且部分管道仍在用石棉管、无防腐内衬的灰口铸铁管。在初步方案制定中,可针对不同年限的二次供水设施,采取管材与设备的原位拆旧换新措施。此外,漏损率还与市政管网的供水分区相关,需依托城镇供水管网专项工程,对分区进行系统性优化设计。通过以上措施,预计可将整体供水漏损率控制在8%以内。

3.2 供水稳定

供水稳定性对居民用水体验影响较大,是二次

供水改造的一项重要需求。调研将用水不稳定问题归纳为4类主要情形并制定相应策略:其一,因市政管网分区不合理或采用枝状管网,可通过优化市政管网分区解决;第二,小区采用“管道泵+屋顶水池”模式,在高峰期直抽市政管网,对市政压力造成冲击,计划以新型罐式设备替代原有管道泵;第三,因管道老化、锈蚀及漏损严重导致水压不足,需对不同年限的二次供水管材实施原位拆旧换新以恢复输配能力;其四,供水设计不合理,因原始设计存在缺陷,如水泵扬程不足或未设增压设备,需通过重新选型或增设新型罐式设备来满足高层供水压力需求。

3.3 用水安全

确保用水安全是二次供水改造项目最为重要的需求,其直接关系到居民的用水观感与身体健康。通过调研分析,存在水质问题的小区主要可归为两类:第一类问题源于水循环不畅,水池贮水滞留时间过长,进而引发余氯耗竭、污染物沉积及微生物滋生,其根本原因多在于储水设备缺乏二次消毒装置或进出水管道设计不合理;针对此类问题,在初步方案中可通过改造水箱与贮水池加以解决,具体措施包括增加导流板、优化进出水管道布局、增设冲洗系统以及消毒设施等。第二类问题则由管道老化、锈蚀严重引起,在初步方案中可通过更换管材的方式解决。

3.4 节能降耗

基于节能降耗理论,其成效通常与高效节能设备、优化供水系统、智能控制管理及合理配置设备容量4个因素有关。调研发现,“工频水泵+高位水箱”模式因水泵流量与扬程固定,设计时可直接依据高时流量在高效区选型,故运行效率较高^[3]。而能耗突出的供水模式主要包括管道泵、水池+变频泵及水池+工频泵3类。其中,管道泵和变频泵属于同一类问题,虽然在运行时可根据实际用水量调整功率,但其设计额定流量长期高于实际用水需求,导致水泵长时间低效率运行。因此,优化水泵选型设计是实现节能降耗的关键。

在初步方案制定阶段,参考《清水离心泵能效限定值及节能评价值》(GB 19762—2007)制定当地节能降耗指标。水泵选型应遵循小区用水量变化规律:用水高峰集中于07:00—09:00与18:00—23:00;23:00—06:00为低谷期;其余时段用水量适

中。基于此,初步方案提出为现有变频泵增设1台小泵,大小泵流量按3:1配置,在运行时能够根据实际用水需求调整功率,减少能源浪费,初步测算可满足水泵节能指标要求。

3.5 智慧化管理

近期,国务院办公厅发布的《关于全面推进城镇老旧小区改造工作的指导意见》明确提出,推动建设安全健康、供水设施完善、管理有序的完整居住社区,这标志着国家对二次供水等基础设施的规范化、智慧化管理提出了更高要求。

从现状调研结果可知,绝大部分水表为机械水表,不具备远传功能,信息化普及率仅20%左右。根据全市供水管理需求,考虑智能水表的全面接入,并同步配套通信网络和电子门禁等管理设备。

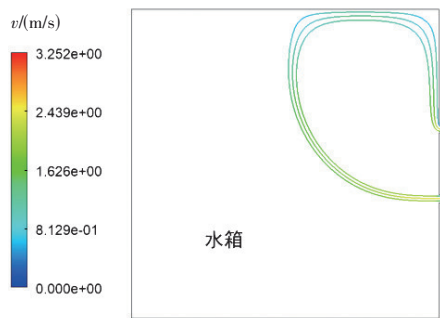
4 “一站一策”制定改造策略

4.1 原位拆旧换新或改造

原位拆旧换新或改造旨在不改变现状二次供水模式,以相对经济的成本满足居民的基本要求,如漏损率控制、供水稳定、用水安全等。

4.1.1 水箱导流板设计优化

水质问题大多与水箱内存在的死水区相关。在实际工程中,常因场地限制而将进、出水管布置于水箱同侧,水流路径过短、循环不畅而形成死水区;即使采用对角布置,也可能产生短流现象。为此,该项目利用ANSYS软件进行优化设计。模拟平台设置参照文献[4]所述方法,针对不同的水箱结构及管路布置,采取增设差异化导流板的技术措施。通过引导水流流向、延长其在水箱内的流动路径,可显著提高整体水力循环效率。即使不改变进、出水管道的布置,也能有效保障用水安全。以方形水箱应用椭圆形导流板的优化方案为例,其改造前后的流线分布见图2。模拟结果显示,该设计可将水流的有效流动路径延长约1.6倍。



a. 改造前

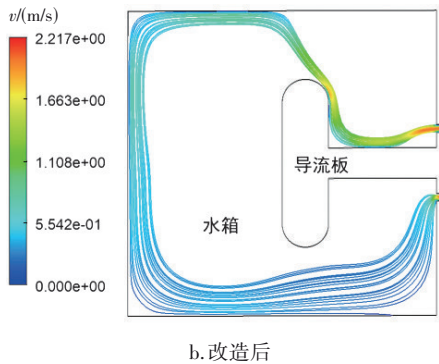


图2 水箱改造前后流线分布示意

Fig.2 Schematics of flow line distribution before and after tank renovation

4.1.2 水箱自动反冲洗措施设计优化

在现有水箱内增设1套自动反冲洗系统,该系统在内部支撑结构上设置自动旋转三维冲洗喷头,优化了水箱内部支撑体系,使其成为冲洗系统的一部分,提高清洗效率。其次,构建集成智能控制系统,可实时监测水箱水质和液位,自动调整清洗周期与强度。其主要特点为自控模块可实时获取出水流量计及液位计数据,通过换算实现用水量规律的逐步预估,并智能调控进水管路及阀门,从而实现对水箱内水龄的精准控制。

4.1.3 供水设备更新改造

《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)对二次供水加压泵的选型规定:当采用变频调速泵时,泵组供水能力应满足系统设计秒流量,但该设计秒流量是基于小区内所有卫生器具同时使用而定的,而实际上卫生器具同时出流的概率非常低,这导致水泵能耗较高。

因此,在设计改造中,泵组的配置应根据不同住宅小区的 actual 用水规律,合理进行水泵的流量选型,从根本上实现节能降耗。节能效果相关指标的计算见下式:

$$E_0 = \frac{9.8 \times H \times V}{3600} \quad (1)$$

$$\eta_0 = \frac{E_0}{E_1} \times 100\% \quad (2)$$

$$Q_1 = \frac{Q_d \times K_h}{24 \times 1000} \quad (3)$$

$$\eta_2 = \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中: E_0 为实际用水量所需的理论水泵能耗, $\text{kW} \cdot \text{h}$; H 为水泵运行扬程, m ; V 为水泵输送的总水

量, m^3 ; η_0 为水泵实际整体效率, %; E_1 为所有水泵实测能耗, $\text{kW} \cdot \text{h}$; Q_1 为住宅小区高日高时流量, m^3/h ; η_1 为改造后水泵理论效率, %; η_2 为改造后节能率, %; Q_d 为高日用水量, m^3/d ; K_h 为高时用水系数。

水泵节能降耗改造流程如图3所示。

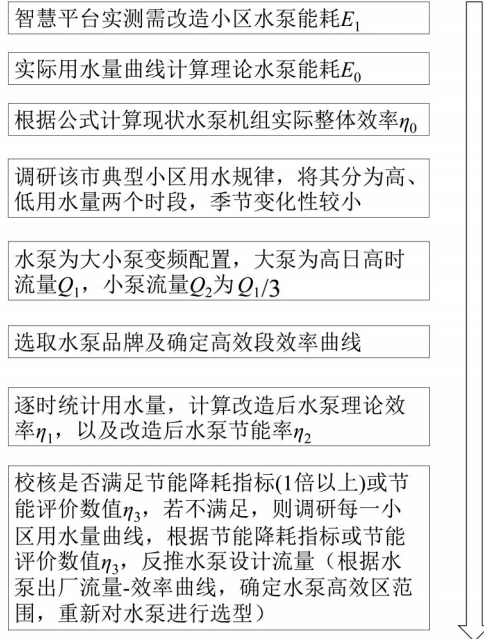


图3 水泵节能降耗改造流程

Fig.3 Renovation process for energy-saving and consumption reducing of water pumps

以某小区改造工程为例:该小区采用“贮水池+工频泵”供水模式,建筑共11层,总计660户,根据《室外给水设计标准》(GB 50013—2018)表4.0.3-1,南方某市最高日居民生活用水定额取320 L/(人·d)。在1 d的统计时段内, $V=115 \text{ m}^3$, $H=30 \text{ m}$, 则 $E_0=9.392 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。然而,在智慧后台实测的泵组累计能耗 $E_1=77.170 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。故该泵组当前的实际整体供水效率 $\eta_0=12.17\%$ 。

在节能改造方案中,大泵设计流量 $Q_1=19.36 \text{ m}^3/\text{h}$,小泵设计流量 $Q_2=6.45 \text{ m}^3/\text{h}$ 。根据变频水泵的效率特性曲线,当流量处于额定流量的70%~120%时,水泵效率较高(50%~80%)。结合小区的逐时用水量规律进行分析,在用水高峰时段(07:00—09:00、18:00—23:00),实际供水流量落在高效区间的时长占比为72%,水泵机组效率为57%;在低谷期及其余时段,实际供水流量落在高效区间的时长占比为62%,水泵机组效率为49%。与原工频泵系统相比,增设小泵方案带来的节能效果显著($\eta_2=302\%$),达

到理想的节能降耗指标(1倍以上),故小区节能降耗改造可按照此思路对水泵进行选型。然而,该方案的预期运行效率仍低于 GB 19762—2007 中规定的节能评价数值 η_3 (63%),若部分小区需满足此国家标准,则应进一步对其用水量曲线进行深度分析,根据用水时段的流量分布,重新进行水泵选型。

4.1.4 供水管材更新改造

二次供水管材的改造范围涵盖小区室外与建筑物室内两个系统。小区室外给水管主要包括球

墨铸铁管、薄壁不锈钢管、聚乙烯(PE)100管及316L不锈钢管,其选用原则为:当管径 >100 mm时,首选球墨铸铁管;当管径 ≤ 100 mm时,则需根据小区现状设施条件与具体施工环境进行选型。建筑物室内给水管主要包括给水用聚氯乙烯(PVC)管、钢塑复合管、铜管和无规共聚聚丙烯(PP-R)管,其选型需综合考虑管道敷设条件、经济适用性、卫生条件、观感及施工便利性等因素。以上各类管材的适用条件和优缺点见表2。

表2 8种管材优缺点及适用条件

Tab.2 Advantages, disadvantages, and applicable conditions of 8 types of pipes

管材	适用条件	优点	缺点
球墨铸铁管	室外埋地,管径 >100 mm	强度高,抗渗性能好	造价较高
薄壁不锈钢管	室外埋地,小区设施条件较为完善地段,管径 ≤ 100 mm	寿命长,强度高	造价较高
PE100管	室外埋地,起伏较大或改造小区的土壤存在腐蚀地段	价格低,耐腐蚀	工作压力及刚度较低
316L不锈钢管	室外明敷,不具备开挖条件	强度高	造价高
钢塑复合管	室内明敷、暗敷,外观要求较高	观感好	内径小,影响过水断面
PP-R管	室内宜暗敷,经费预算较少	价格较低	光照易老化
铜管	室内明敷,卫生要求较高	卫生条件好,使用寿命长	造价高
给水用PVC管	表后管	价格低,施工方便	耐温性差,强度低

4.2 整体解决方案

整体解决方案旨在对现有供水方式进行系统性重构,从根本上改变现状问题,并为后续运行管理提供长效便利。

4.2.1 箱式变频恒压/叠压供水设备

新型箱式变频恒压/叠压供水设备的优势在于,其整合了水箱储水与市政直供两种方式,形成双路水源以保障供水安全,并可利用水箱储水补偿市政来水不足部分的水量。这一设计不仅减少了水箱容积,节约了占地面积,还使得增压泵根据补偿市政来水差量来选型,从而实现了设备配置的优化与节能。

其运行逻辑可根据市政压力智能切换:在用水高峰期,利用水箱现有的储备水量通过增压泵与市政来水量两路水源同步供水,此时系统以箱式变频模式独立运行。当市政来水压力充足时,水箱出口增压泵关闭,系统自动切换回市政供水模式;同时,设备内置的射流器开始工作,利用虹吸原理持续带动约 1/10 系统流量的水体从水箱流入设备进水总管,从而确保水箱内部水质保持微循环状态,有效防止死水区的形成^[1]。

4.2.2 智慧一体化泵站

智慧一体化泵站包括智能供水、智能安防、水质保障、智能供电、防潮通风、排涝防淹、降噪减振及管理维护8个系统。其中,智能供水系统应用云计算、大数据和边缘计算技术,通过精准的用水量预测和科学的水箱液位规划,实现合理水龄控制,发挥水箱的调蓄功能。水质保障系统一方面通过供水系统的云计算保障水箱内的水质,另一方面采用食品级过流部件和紫外消毒器,抑制微生物的生长。管理维护系统通过建立远程监控平台,进行数据采集与汇总分析,具有运行状态监测、故障预警诊断、精准水量预测及智能供水控制等功能。

4.2.3 新型罐式稳压调蓄供水设备

罐式无负压供水设备在当地应用广泛,但其在用水高峰期易加剧市政管网的压力波动。为解决此问题,可采用一种新型罐式稳压调蓄供水设备。当市政来水压力充足时,其流量控制器开启,水泵利用来水压力供水,减少泵组能量损耗。当市政来水压力降低时,流量控制器接收压力信号后关闭;同时,真空抑制器启动以破坏罐内真空状态,待罐内水位下降至预设高度时,再通过流量控制器使市政来水在自然压力下流入罐体,从而避免对市政管

网压力造成影响。

5 结论

对南方某市现状居民住宅小区供水设施进行信息采集,以改造需求对现状问题进行分类,依据供水设施的建设年限制定初步改造方案并测算费用。随后,将改造措施根据现状问题分类为管材更换、加压设备更新、水箱/水池改造及供水模式优化等,构成了方案设计阶段的核心内容。在深化设计阶段,采用“一站一策”的定制化策略,总体分为原位拆旧换新或改造和整体解决方案两种思路,并引入若干特色改造方案:例如应用ANSYS软件优化水箱流态;设置1种自动反冲洗装置以保障水箱卫生;采用新型一体化设备解决多方面供水问题等。此外,通过1个典型小区的改造案例,完成了二次供水改造设计的节能降耗指标计算,可为同类工程提供参考。

参考文献:

- [1] 靳军涛,梁思宸. 二次供水设施调研及水质影响因素分析[J]. 中国给水排水,2023,39(20):32-37.
JIN J T, LIANG S C. Investigation of secondary water supply facilities and analysis of water quality influence factors [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39 (20): 32-37(in Chinese).
- [2] 尧桂龙. 居民小区高品质饮用水入户建设与改造策略

探讨[J]. 净水技术,2024,43(3):1-6,38.

YAO G L. Discussion on the construction and renovation strategies of high-quality drinking water for residential areas [J]. Water Purification Technology, 2024, 43 (3): 1-6,38(in Chinese).

- [3] 游晓旭,李玉仙,杨婷婷,等. 北方某市二次供水服务现状调查与影响因素分析[J]. 净水技术,2023,42 (4):73-78.

YOU X X, LI Y X, YANG T T, et al. Investigation of secondary water supply service status and analysis of influencing factors in a northern city [J]. Water Purification Technology,2023,42(4):73-78(in Chinese).

- [4] 杨敬畏,罗丁,沙桐,等. 应用BIM与多维数值模拟优化推流式消毒池设计及运行改造[J]. 市政技术, 2023,41(2):173-180.

YANG J W, LUO D, SHA T, et al. Optimization of the design and operation transformation of push-flow disinfection tank by BIM and multidimensional numerical simulation [J]. Journal of Municipal Technology, 2023, 41(2):173-180(in Chinese).

作者简介:杨敬畏(1996—),男,内蒙古乌海人,硕士,工程师,BIM高级建模师,主要从事城乡一体化供排水体系研究。

E-mail:457992832@qq.com

收稿日期:2024-12-23

修回日期:2025-01-10

(编辑:沈靖怡)

精打细算用好水资源,从严从细管好水资源